

文章编号: 1006-6780(2001)02-0057-04

膜生物反应器处理污水性能的研究

邹联沛, 王宝贞, 迟 军, 秦晓荃, 余 敏

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要: 膜生物反应器中MLVSS为4000~5000mg/L时, COD的去除率可达98%左右, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率可达99%左右, 但随SRT的继续延长, 污泥浓度的增加, 使得内源呼吸加剧和大量微生物死亡, 导致上清COD上升, SMP_{ud} 含量增加, 出水COD存在波动性, 但COD的去除率仍在94%左右, 同时 SMP_{ud} 的增加会抑制硝化作用, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率会略有下降, 可维持在92%左右。低温和有机负荷的冲击对COD的去除影响不是很大, 但对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除影响很大。

关键词: 膜生物反应器; 废水处理; 污泥停留时间; 上清液COD; 内源呼吸; 溶解性微生物代谢产物; 低温; 有机负荷

中图分类号: X703 文献标识码: A

Wastewater treating capability of membrane bioreactor

ZOU Lian-pei, WANG Bao-zhen, CHI Jun, QIN Xiao-quan, YU Min

(School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Concludes from the results of investigation that the removal rates of COD and $\text{NH}_3\text{-N}$ are 98% and 99% respectively, when the concentration of MLVSS is 4000~5000mg/L, however, as the SRT and MLVSS continue to increase, the COD concentration of filtrate through filter paper and Soluble Metabolic Products (SMP) increase due to intensification of internal respiration and death of microorganisms, but the removal rate of COD is still about 94%, although it fluctuates, and the increase of SMP inhibits the nitrification of $\text{NH}_3\text{-N}$, and the removal rate of $\text{NH}_3\text{-N}$ drops to about 92%; Low temperature and high organic loading have little influence on the COD removal rate, but have great impact on $\text{NH}_3\text{-N}$ removal.

Key words: membrane bioreactor; wastewater treatment; SRT; COD concentration of filtrate through filter; internal respiration; soluble metabolic products; low temperature; organic loading

0 前言

膜生物反应器是由膜组件和生物反应器两部分组成, 膜对反应器内污泥混合液起截留过滤作用, 膜能将污泥微生物完全截留在反应器内, 所以反应器中的微生物能最大限度的增长, 可达15000~30000mg/L左右^[1], 这样生物活性高, 吸附和降解有机物的能力较强。而世代时间较长的硝化及亚硝化细菌也能很好的增长, 从而提高硝化能力^[2]。同时, 由于反应器内存在较高的MLVSS, 反应器在低温和突然提高进水COD的情况下, 也能获得较好的结果。本文对这些方面进行了研究。

1 试验装置

如图1所示, 8为中空纤维膜组件, 膜材质为聚砜, 膜孔径为0.34 μm , 膜组件长度为0.5m, 膜的表面积为1m², 反应器4的温度由养鱼用的加热器调温至25℃, 反应器的液位由液位平衡箱中的

收稿日期: 2000-03-16

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目 (96-909-01-02-04)

作者简介: 邹联沛(1969-), 男, 哈尔滨工业大学博士生。

浮球阀2进行控制,随出水流量的变化,由浮球阀2进行自动控制,可同步保持出水流量与进水流量平衡。本装置采用微孔曝气器进行曝气,曝气量可由空气流量计5进行调节。出水动力由净水头压差 H 提供。新膜放入反应器后用玻璃制水射器抽吸出水。然后调整 H 使出水流量为60mL/min,此时 H 为54cm左右。由于反应器体积(液面处)为18L,所以水力停留时间为5h。

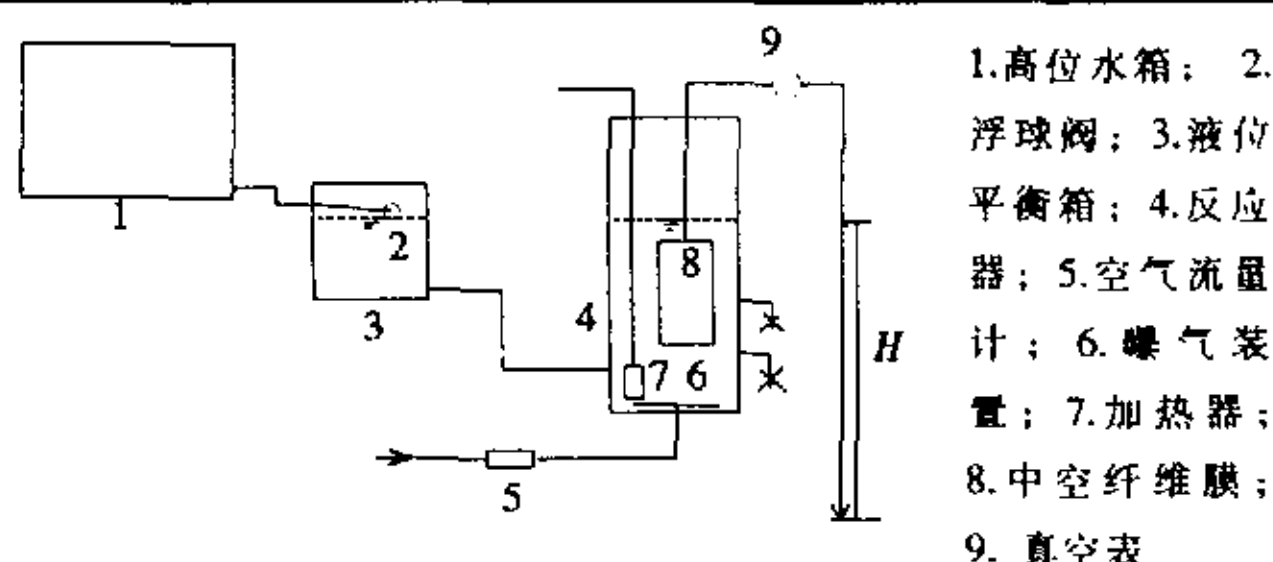


图1 试验装置

Fig.1 Experiment of set up

2 试验配水

试验用水采用人工配水,由淀粉、蔗糖、氯化铵、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、食用碱等配制而成,COD在336~808mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 在15.87~35.13mg/L,总磷为2.47~5.1mg/L左右。

3 膜生物反应器对COD的去除效果及其分析

本试验从1999年10月20日开始启动运行,先是在反应器中进行闷曝,间隙排水,并且用蛋白胨、牛肉膏、氯化钠配水在培养箱中进行细菌培养,然后倒入反应器中,如此间隙运行7d后,用一旧膜进行连续出水运行,出水通量为30mL/min,运行7d后,于11月4日换入新的中空纤维膜进行运行,出水通量调至60mL/min。

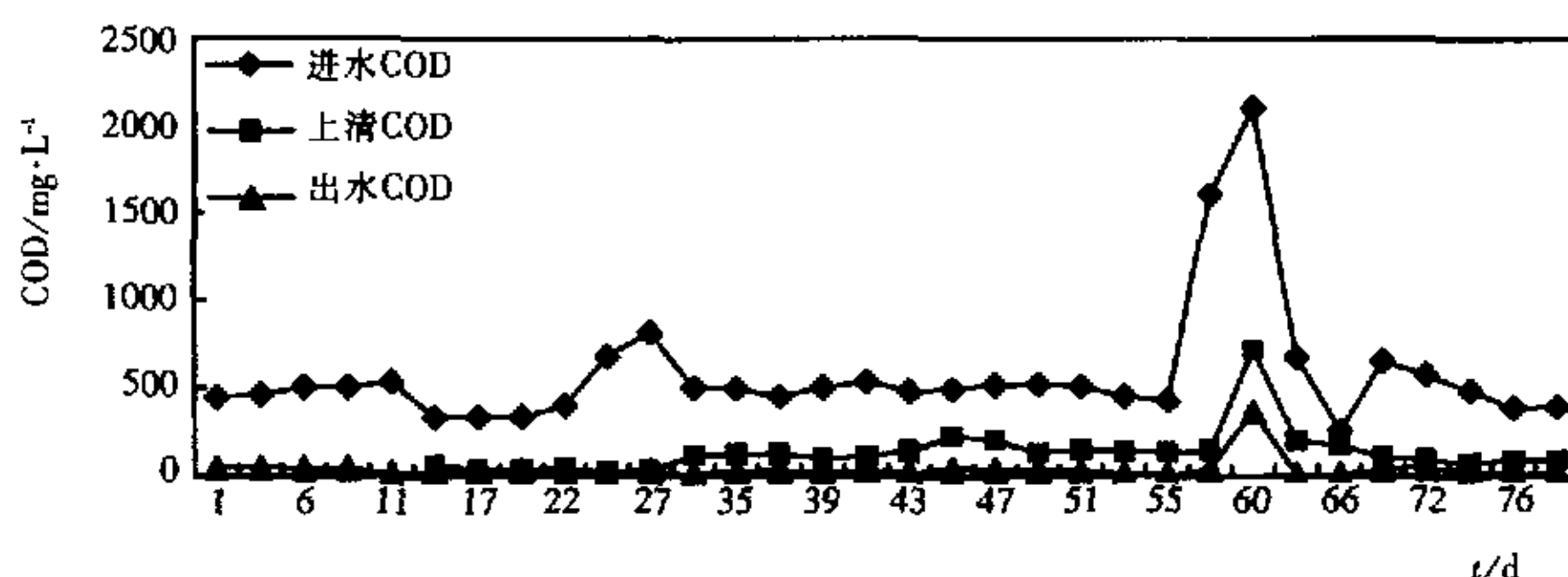


图2 膜生物反应器对COD的去除效果

Fig.2 Removal efficiency of COD in MBR

膜生物反应器对COD的去除效果如图2所示。11月4日开始测定,此时的污泥浓度为672mg/L (MLVSS),进水COD为448mg/L,出水COD为48mg/L,去除率为89.3%。11月4日至11月13日的10d时间里,出水COD较高,去除率在90%左右。出水COD较高的原因是反应器中MLVSS(1400mg/L)浓度太低,污泥微生物对进水有机物的吸附和降解能力较差,导致出水COD偏高。11月15日至12月22日的37d时间里,COD的去除率较高,在95%左右。其间出水COD存在波动性,特别是12月8日至12月22日的15d时间里,上清液COD(将污泥混合液用滤纸过滤后测得的COD)偏高,上清液COD偏高的原因是随污泥浓度的增大,F/M值变小,进水中有机物不足以维持反应器中污泥微生物的生长需要,食料缺乏,导致大量微生物死亡,死亡细胞不能完全降解,产生大量的不可生物降解的细胞残留物。另外,由于MLVSS的升高,微生物内源呼吸加剧,从而产生大量溶解性的微生物代谢产物(SMP),SMP为一种不可生物降解的高分子量副产物。Pitter(皮特)和Chudoba(楚多巴)^[3]已证明,不可生物降解SMP_{nd}在数量上可占被去除COD量的2%~10%。并证明在含酚废水处理中,大约75%的SMP_{nd}物质分子量超过1000。以上两方面原因导致上清液COD偏高。由于上清液COD偏高,从而也导致出水COD存在波动性,但影响不是很大,因为大部分SMP_{nd}为高分子量物质,所以通过超滤膜的过滤作用,可大部分被截留在反应器中。12月23日至12月26日的4d时间里,反应器在低温(11℃)下

运行。低温下反应器对COD的去除率仍在94%左右,说明膜生物反应器在去除COD上抗低温冲击能力较强。12月30日至1月4日的5d时间里,提高了进水COD浓度。1月2日,进水COD为1609mg/L,出水COD为45.98mg/L,去除率为97%,但1月3日,进水COD为2107mg/L,出水COD为365.95mg/L,但有明显的酸臭味,怀疑是供氧不足造成的。1月4日时恢复进水COD, COD去除率马上可以恢复,说明膜生物反应器抗有机负荷冲击的能力较强。2000年的1月11日和1月14日两次排泥,每次排泥5L,排泥的目的是看是否能将上清液COD降下来,试验结果是能将上清液COD降下来。膜生物反应器在低温下和提高进水有机负荷的条件下对COD的去除仍很高,原因是反应器中存在高浓度的MLVSS。另外,温度对有机物的去除影响不是很大,因为城市污水处理中一个基本的基质去除机理是活性污泥对悬浮状态和胶体状态的有机物的“捕集作用”,这一作用是一个一般不受温度影响的物理现象。

4 膜生物反应器对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果及其分析

$\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除见图3所示。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除刚开始时不太好,11月4日测定时进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为9.52mg/L,出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为7.82mg/L,去除率仅为17.86%。11月7日和11月10日两次测得的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率为44.57%和82%。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率低是反应器刚刚运行,污泥浓度较低(1000mg/L),硝化及亚硝化细菌较少的原因。11月13日至12月8日的25d时间里,反应器对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率很高,在96%左右,但12月9日至12月22日的14d时间里,反应器对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率有所下降,但也在92%左右。下降的原因是反应器中污泥浓度太高,导致 SMP_{nd} 的积累,而高浓度的 SMP_{nd} 对硝化有抑制作用。Chudoba (楚多巴)也曾得出相似的结果。12月23日至12月26日的4d时间里,反应器在低温(11℃)下运行,12月24日测得的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率为45%,12月26日为62%,并且恢复温度后的几天时间里, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率仍很低。说明温度对硝化作用影响很大。12月30日至1月4日的5d时间里提高进水COD浓度,1月2日测得的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率为100%,原因应是提高了进水COD浓度,刺激了污泥微生物的生长, $\text{NH}_3\text{-N}$ 基本用于微生物的生长所需,1月3日出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 异常是因为曝气不足。1月4日恢复COD进水后,硝化效果也并不好,并且出现上清液 $\text{NH}_3\text{-N}$ (污泥混合液经滤纸过滤后测得的 $\text{NH}_3\text{-N}$)比进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 高的反常现象,这是因为先提高进水COD浓度,促使污泥微生物的快速增长,后又降低进水COD浓度使得微生物的大量死亡,死亡微生物被降解使得上清液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 反而高于进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。直至1月13日才得以恢复。说明提高进水的有机负荷对硝化作用影响很大。1月11日和1月14日两次排泥,每次排泥5L,排泥的结果降低了上清液COD,从而也降低了污泥中 SMP_{nd} 的含量,减轻了对硝化作用的抑制,所以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率得以很快的恢复,同时排泥能使反应器中污泥得以更新,提高了污泥的活性。

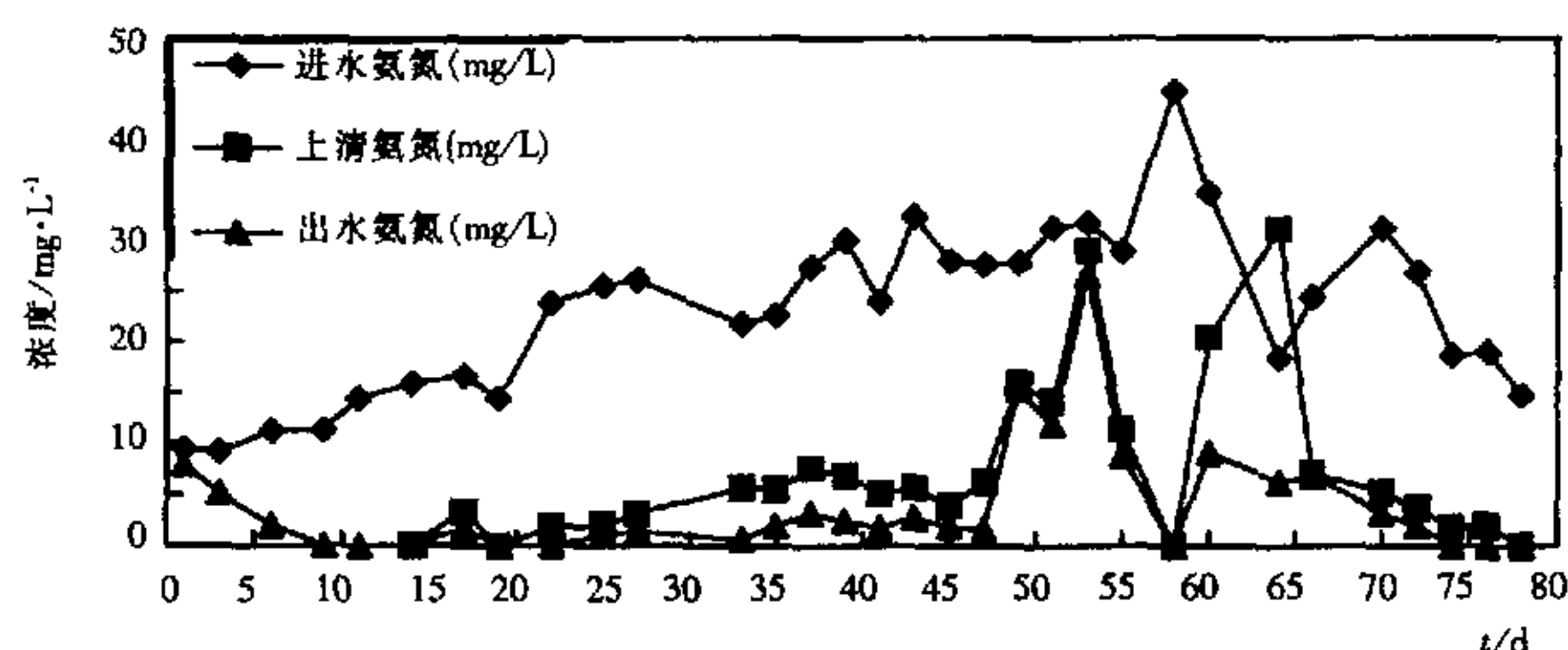


图3 膜生物反应器对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果

Fig.3 Removal efficiency of $\text{NH}_3\text{-N}$ in MBR

5 膜生物反应器中污泥浓度的增长情况

反应器中污泥浓度的增长情况见图4。第25d,污泥浓度为5333mg/L (MLVSS)时, COD去除率

为99.4%,而污泥浓度为4000mg/L (MLVSS)左右时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除是最好的, 高达100%。在第33d, 污泥浓度为9725mg/L时, 此时上清液COD为114mg/L, 至此以后, 上清液COD很难降下来, 虽然对COD的去除影响不是很大, 但存在波动性, 并且, 随MLVSS的继续上升, SMP_{m} 会增加, 从而抑制硝化作用, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率会下降。在第68d和第71d排泥两次, 每次5L, 经此操作后, 污泥浓度下降, 上清液中 SMP_{m} 有所下降, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除也略有上升。所以, 综合考虑COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除, MLVSS维持在4000mg/L比较合适。

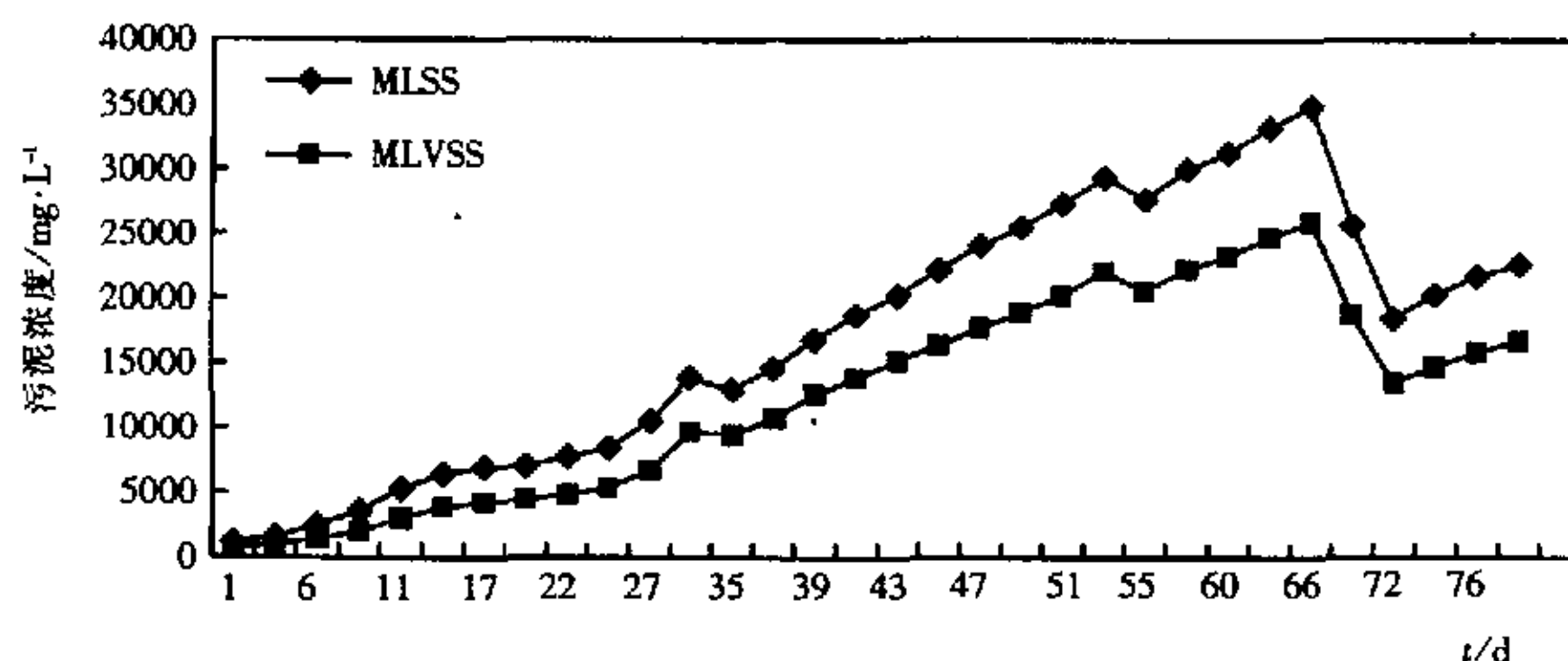


图4 污泥浓度随时间的变化曲线

Fig.4 Variation of sludge concentration with time

6 结论

1. 膜生物反应器对COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率很高, 出水水质优良、浊度低, 可用于生活杂用水或工业冷却水。

2. 膜生物反应器中污泥浓度很高时, 会使上清COD上升, 也使得反应器中 SMP_{m} 增加, 由于 SMP_{m} 大部分为高分子量物质, 超滤膜能将大部分的 SMP_{m} 截留在反应器中, 所以对COD的去除影响不是很大, 但会导致出水COD存在波动性。但是, SMP_{m} 的增加会部分的抑制硝化作用, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率就会略有下降。综合考虑COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除, MLVSS维持在4000~5000mg/L比较合适。

3. 膜生物反应器在低温和提高进水有机负荷的情况下, COD的去除率仍很高, 说明膜生物反应器在去除COD上具有很强的抗低温和有机负荷冲击的能力, 但对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除影响较大。

参 考 文 献:

- [1] SUWA Y, SUZUKI T. Single-stage single-sludge nitrogen removal by an activated sludge process with cross-flow filtration[J]. Wat. Res., 1992, 26(9): 1149.
- [2] CHIEMCHAI SRI C, YAMAMOTO K. Household membrane bioreactor in domestic wastewater treatment[J]. Wat. Sci. Tech., 1993, 27:171-178.
- [3] PITTER P, CHUDOKA J. Biodegradability of Organic Substances in the Aquatic Environment[M]. CRC Press, Boca Raton, 1990.